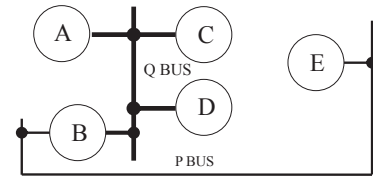


## Zbernice



### Zbernica - BUS

- vodiče, ktoré slúžia na prepojenie viacerých zariadení
- umožňuje spojenie každého s každým,
- vysielateľ údajov na zbernicu môže v danom okamžiku len jedno zariadenie. Ostatné zariadenia, schopné vysielateľ sa prepnú do tretieho stavu - do stavu vysokej impedancie.
- štandard ako vyrábať rozširujúce moduly pre dané zariadenie

1

### Parametre zbernic:

- **Frekvencia**[Hz] - prevrátená hodnota doby trvania jedného cyklu zbernice [sek].
- **Prenosová rýchlosť** [b/s, resp. Mb/s] (cez jeden vodič, resp. cez celú zbernicu) udáva množstvo údajov, ktoré je možné preniesť za jednotku času.
- **Šírka zbernice** [počet bitov]

### Technické parametre:

- maximálna dĺžka, rozmery konektorov, charakteristické impedancie,
- spôsob budenia (trojstavový výstup, otvorený kolektor),
- zaťažiteľnosť
- ...

## Klasifikácia zbernic

### Podľa spôsobu riadenia:

- Zbernice typu **SINGLE-MASTER** – vo funkcii zariadenia radiaceho chodu zbernice, je procesor. Procesor je **Masterom**. Ostatné zariadenia, pamäte a I/O obvody sú vo funkcii **Slave**.
- Zbernice typu **MULTI-MASTER** - na zbernicu je pripojených **viacero zariadení**, ktoré môžu **riadiť zbernicu**. Súčasne len **jedno** zariadenie môže riadiť zbernicu. Problémom tohto typu zbernice je pridelovanie zbernice pri súčasných požiadavkách. Riešením je **arbitrácia zbernice**.

### Podľa tvaru prenášaných údajov:

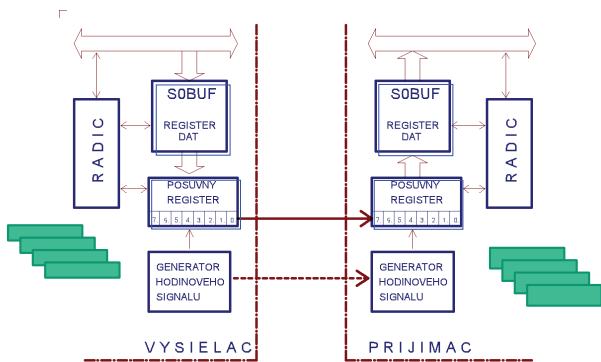
- **Sériové**: - Informácia sa prenáša **bit po bite**.
- **Paralelné**: v jednom cykle zbernice sa prenáša **viacbitové slovo** (8, 16, 32, 64 - bitov).



3

4

## Sériový prenos údajov



Výhody: Menší počet vodičov

Nevýhody: „rozloženie“ - „zloženie“

Obvod: UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)

## Charakteristiky prenosových systémov

### Sériové zbernice

#### Smer toku dát:

**Simplex** (jednosmerne): data sú prenášané **jedným smerom**.

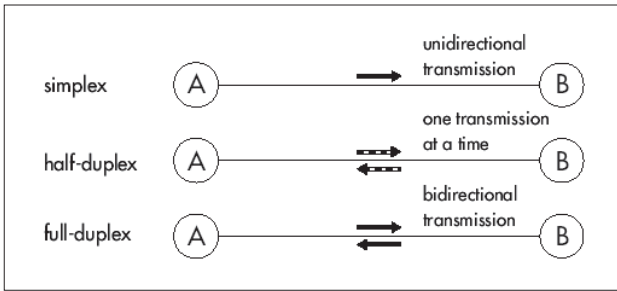
**Half-duplex** (polovičný duplex): Prenosové stanice sa vymieňajú pri posielaní dát. „Prepínač smeru vysielania“ Pri prenose sa využíva tzv. HANDSHAKING (hardvérový a softvérový) – dohodnutý spôsob potvrdzovania prenosu.

**Full-duplex** (plný duplex) (duplex - obojsmerná prevádzka):

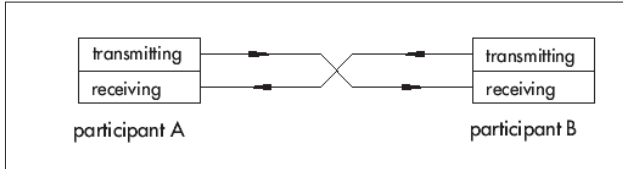
Data môžu byť posielané oboma smermi súčasne.

Ako prenosové médium sa používajú dva páry vodičov.

6



A, B sú účastníci komunikácie



## Rýchlosť prenosu

Počet prenesených bitov za jednotku času [bit/s; bps]  
 Modulačná rýchlosť – Baud rate. [Baud - Bd]  
 Baud rate – počet zmien úrovne signálu za sekundu.

Pre dvojstavovú moduláciu platí:  
 Prenosová rýchlosť [bps] = Baud rate [Bd]

Štandardne používané rýchlosti sú:  
 ( 50, 110, 300, 600, 1200)  
 2400, 4800, **9600**,  
 14400, 19200, 28800, 38400, 57600, 76800, 115200 Bd, bps.

?  $f_{osc} = 11.0592\text{MHz}$  ?

Dĺžka vedenia (RS232): 15m (2500pF pri 19200Bd)

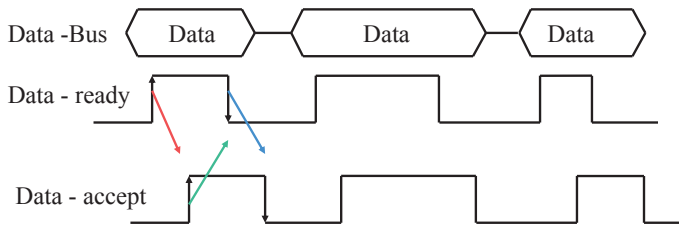
### Podľa synchronizácie prenosu:

#### Synchronne:

- prenos je synchronizovaný **hodinovým signálom**.
- výhoda - **rýchlejšie** ako asynchronné. Vhodné pre zariadenia pracujúce na **rovnej frekvencii**. Pr.: PCI zbernica

#### Asynchronne:

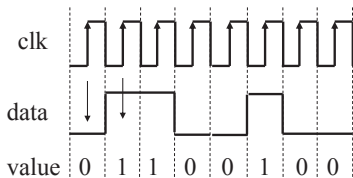
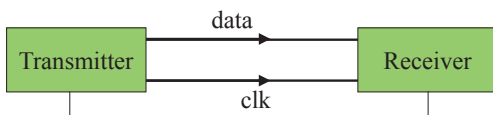
- prenos je **riadený jednostranne**, napr. vysielačom.
- **handshaking** („výzva“ – „odpoveď“). **Pomalšie**, ale umožňujú spojiť **zariadenia pracujúce na rôznych frekvenciách**.



Asynchronné časovanie zbernice - handshaking

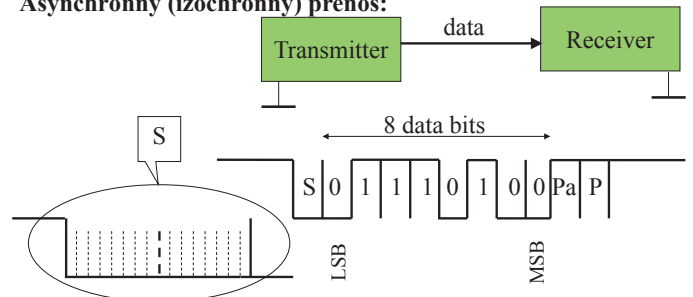
### Synchronný a asynchronný prenos dát (USART)

Synchronný prenos: (minimálne dva vodiče)



### Synchronný a asynchronný prenos dát (USART)

Asynchronný (izochronný) prenos:



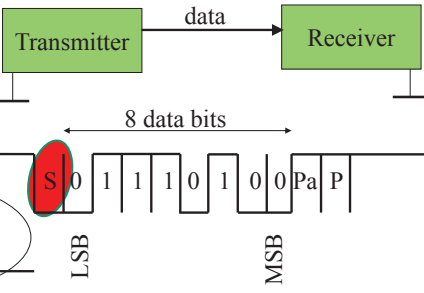
Výhody: **jeden** (dva) **vodiče**

Nevýhody: treba zabezpečiť synchronizáciu vysielačom začiatku a konca vysielačného bytu, potreba dostatočne dlhého času na **synchronizáciu, pomalšie**

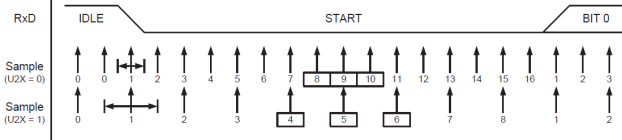
Kód	Počet dátových bitov na znak
Baudot	5
Trans code	6
ASCII	7
EBCDIC	8

## Synchronný a asynchronný prenos dát (USART)

Asynchronný prenos:

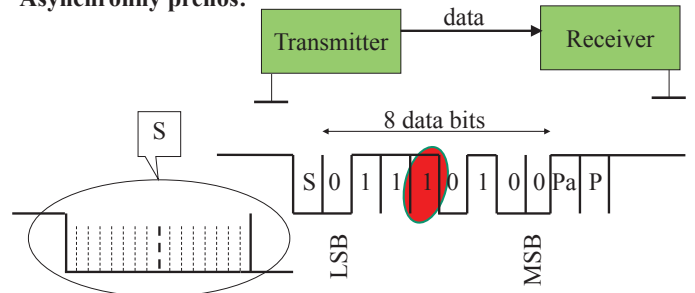


Start Bit Sampling

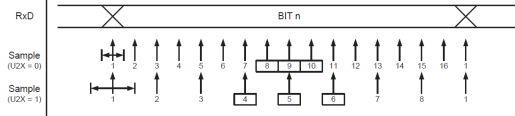


## Synchronný a asynchronný prenos dát (USART)

Asynchronný prenos:

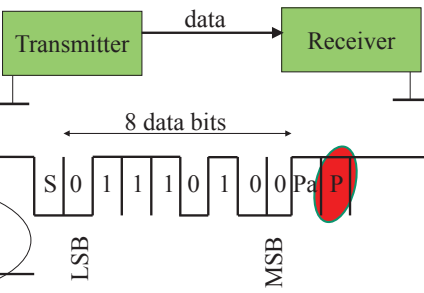


Sampling of Data and Parity Bit

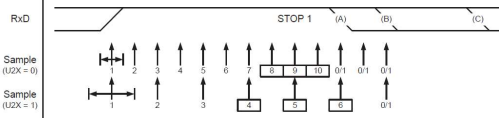


## Synchronný a asynchronný prenos dát (USART)

Asynchronný prenos:

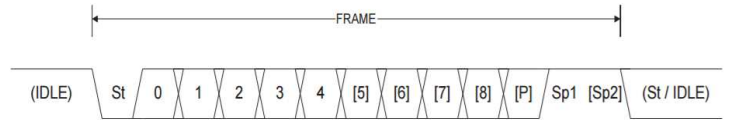


Stop Bit Sampling and Next Start Bit Sampling

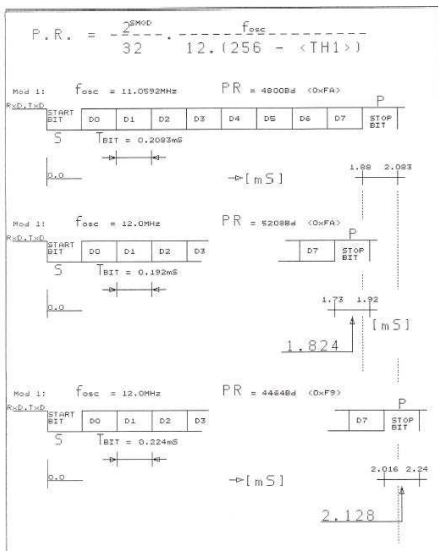


## Prenos dát: formát jedného rámca

Frame Formats



- St – jeden start bit (log. „0“)
- D – dátové bity (5 až 8,(9) dátových bitov)
- Sp – jeden parity bit (päť typov parity).
- St – jeden alebo dva stop bity (log. „1“)

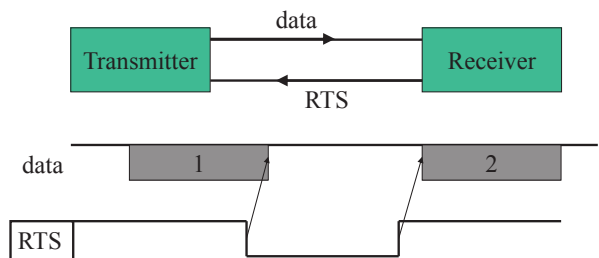


Handshaking - podmienený prenos dát.

- potvrdzovanie pripravenosti komunikovať.
- potvrdzovanie prijatia dát, ukončenie prenosu ...

Hardware-ový,

Software-ový (XON (11h)/XOFF (13h)), predpokladá duplexný prenos



## Detekcia chýb pri prenose. Poznáme 5 typov parity:

1. Žiadna

2. EVEN parity			3. ODD parity		
data bits:	parity bit	$\Sigma$ 1's	data bits:	parity bit	$\Sigma$ 1's
0110 1100	0	4	0110 1100	1	5
0110 1101	1	6	0110 1101	0	5

4. Mark = „1“

5. Space = „0“

Chyba komunikácie:

Okrem chyby parity sa môžu objaviť ďalšie chyby:

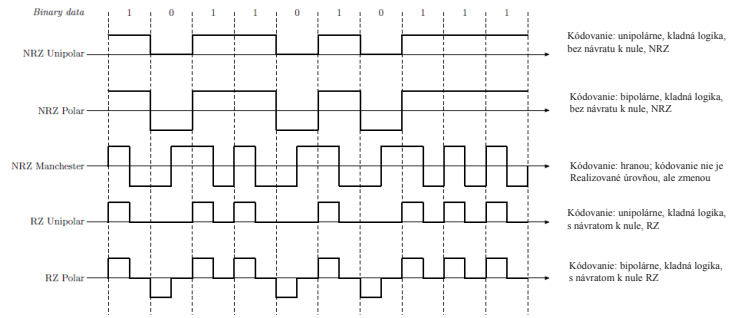
- preplnenie vstupného buffra na prijímacej strane.
- chyba ráмка (napr. stop bit sa neobjaví tam kde by sa mal)

Najjednoduchšie: - zopakuj chybný prenos

- !!! Timeout !!!

19

## Kodovanie:



Pozitívna logika (kladná logika) definuje log. „1“ ako kladnejšie napätie a log. „0“ ako zápornejšie napätie;

Negatívna logika – naopak.

21

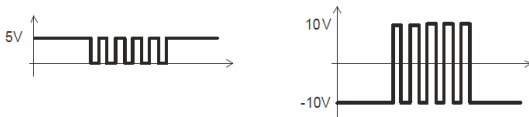
## RS232 – V.24

Prenos dátových a riadiacich signálov:

- dáta v negatívnej logike (0: high; 1: low)
- riadiace signály v pozitívnej logike (1: high; 0: low)

Iné názvy signálov:

	data	control signal	level	voltage range
signál log. „0“ - "Space" a	'0'	'1'	high	+3 to +15 volts
signál log. „1“ - "Mark".	'1'	'0'	low	-3 to -15 volts



Obmedzenie podľa RS232 F:  $du/dt = 30V/\mu s$ ;

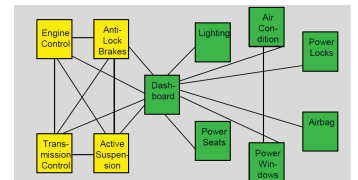
Dĺžka vedenia: < 2500 pF

22

## Zbernicové systémy automobilu:

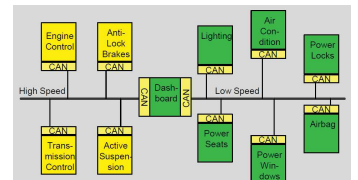
Nákladná, zložitá elektroinštalácia s hrubými káblovými zväzkami, a množstvom konektorov

Pred zavedením CAN-bus



Jednoduchšia a prehľadnejšia elektroinštalácia, menšie konektory

Po zavedení CAN-bus



22

## Zbernicové systémy automobilu:

Sú rozdelené do skupín, s podobnou funkcionalitou a využívajúcich podobné informácie:

**CAN –bus, D- bus, I-bus, K-bus, P-bus, M –bus, LIN-bus....**

**Zbernicové systémy sú nekompatibilné => Gateway.**

**Definície:**

**Zbernica** – skupina vodičov, ktoré prenášajú sériové dáta oboma smermi.

Tvoria ju jeden alebo dva vodiče.

Všetky riadiace jednotky sú pripojené k zbernici paralelne => všetci môžu počúvať naraz.

**Gateway** – poskytuje prepojenie medzi viacerými zbernicami takým spôsobom, aby si účastníci pripojení na rôznych zberniciach navzájom rozumeli. Gateway rozpozná adresu prijímača a rozhodne, či správa gateway-om prejde alebo nie.

23

## LIN-bus (Local Interface Network):

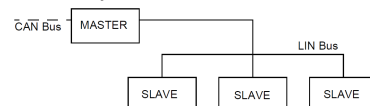
Niekoľko fy sa dohodlo a vypracovali spoločný zbernicový podsystem LIN-bus, ktorý sa používa na jednoduché „on/off“ ovládanie (sedadlá, zámky dverí, strešné okná, dažďové senzory, zrkadlá, ...).

Zbernica je typu **single master/multiple slave** bus. Používa jeden vodič na prenos informácie – dát.

LIN zbernica je niečo medzi I2C a RS232 (UART). Zbernica je ťahaná do „jednotky“ odporom a každý uzol ju ťahá do „nul“ pomocou vodiča s otvoreným kolektorom podobne ako to robí I2C. Na druhej strane nemá CLK vodič. Každý byte je ohraničený pomocou start a stop bitu a každý bit je asynchrone časovaný, podobne ako u RS232 (UART).

Nízka cena komunikačných prvkov je dosiahnutá tak, že sa v nich nepoužívajú kryštálové, resp. keramické oscilátory. Využíva sa časová synchronizácia na zabezpečenie správneho odovšielania a príjmu dát. Využíva sa UART hardware, ktorý je zabudovaný v mnohých uC.

Zbernica detekuje chybné uzly v sieti. Kontrolná suma a kontrola parity garantuje bezpečnosť a detekciu chýb.



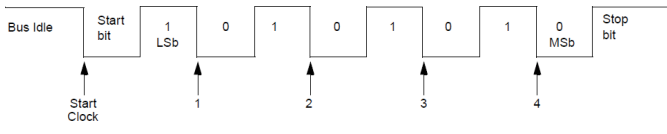
24

## LIN-bus:

### Synchronizácia hodín

Významnou vlastnosťou protokolu je to, že SLAVE môže využívať uP s RC oscilátor s presnosťou lepšou ako +/-15%. => SLAVE musí zistiť na akej Baud rate komunikuje, a musí sa „doladiť“.

Z tohto dôvodu sa každý prenos začne s polom SYNC (= 0x55 – striedajú sa nuly a jednotky). SLAVE dokáže odmerať čas odpovedajúci 8-mim bitom MASTER-a. Po predelení 8-mi a zaokrúhlení si každý SLAVE prispôbi časovanie k MASTER-u.



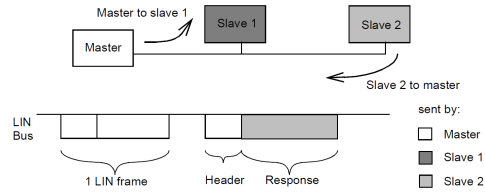
Count time for 4 successive falling edges, then divide by 8 and round, to get a single bit time. The divide and round is easily implemented as 3 right shifts and add the carry back in.

### LIN protokol:

Komunikácia po LIN-bus predpokladá konfiguráciu **single master/multiple slave**.

Master inicializuje komunikáciu.

LIN frame pozostáva z hlavičky a dát. Master inicializuje komunikáciu tak, že pošle hlavičku. Ak chce poslať aj dáta, pošle ich. Ak master požaduje data od SLAVE, SLAVE ich pošle.



Priama komunikácia medzi SLAVE zariadeniami nie je možná. Pretože všetky SLAVE zariadenia počúvajú čo sa deje na zbernici (keď MASTER požaduje info), môže sa to chápať ako komunikácia SLAVE to SLAVE.

25

26

### LIN protokol:

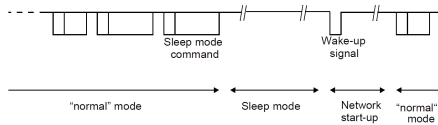
The LIN protocol je objektovo orientovaný, nie adresovo. Hlavička obsahuje identifikátor, ktorý dáva význam celému frame-u (rámec) a dátam, ktoré prenáša. Rôzne uzly môžu prijať ten istý frame aj s dátami.

Odpoveď väčšinou pozostáva z dát nastaviteľnej dĺžky (1 až 8B). Data sú chránené 8b kontrolnou sumou.

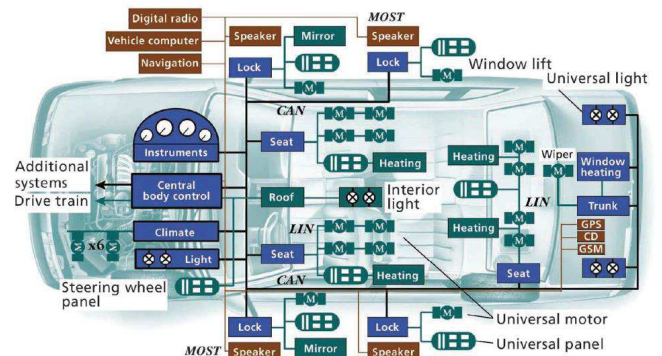
Prenos na LIN bus sa zabezpečuje rôznymi mechanizmami:

- paritný bit, kontrolná suma za dátovými byte-ami.

Z dôvodu zníženia strát, MASTER môže poslať tzv. SLEEP frame. Všetky uzly sa môžu nastaviť do tzv. **low power mode**. Zobudenie zbernice sa udeje, ak niektorý uzol pošle **wake-up** signál.



## CAN bus tvorí základ automobilových sietí



CAN Controller area network  
GPS Global Positioning System  
GSM Global System for Mobile Communications  
LIN Local interconnect network  
MOST Media-oriented systems transport

Elektronika auta obsahuje 50 až 100 uP

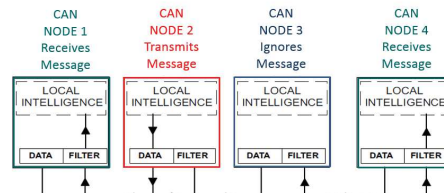
27

28

## CAN-bus: História

1. Fy Bosh vyvinula v roku **1985** CAN zbernicu. Cieľom bolo nahradiť komunikáciu typu „point to point“ sériovou zbernicou.
2. V roku **1993** CAN sa stáva medzinárodným štandardom, vzniká ISO 11898.
3. V **1996**, je zbernica CAN implementovaná do OBD-II štandardu.

## CAN-bus: dátový tok



Jeden uzol dáta vysiela a ostatné „selektívne“ počúvajú.

Hardver prijímača „prepustiť“ ďalej len tie data, ktoré sú v danom uzle využiteľné.

CAN bus je typu „broadcast“. To znamená niekto vysiela a kto chce počúva.

Nevysiela sa adresa príjemcu, ale len identifikácia, ktorá hovorí o tom čo je vysielať.

Každý uzol si generuje „vlastný“ hodinový signál.

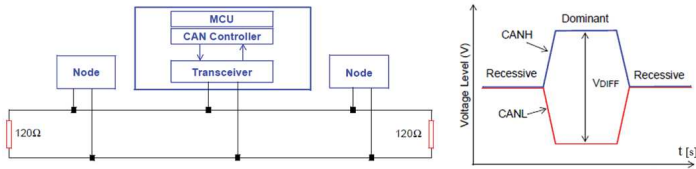
Časový interval vyhradený pre jeden bit je rozdelený na 4 nerovnako dlhé úseky.

Vysielač vysiela na začiatku a prijímač vyhodnocuje na konci. Ak zmena nenastane na „správnom“ mieste, prijímač si doladí hodiny.

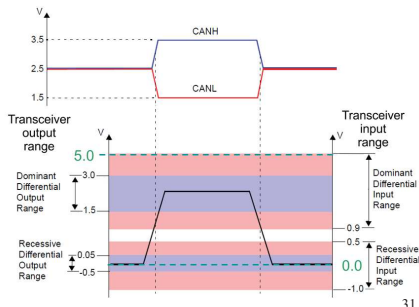
29

30

## CAN-bus: fyzická vrstva

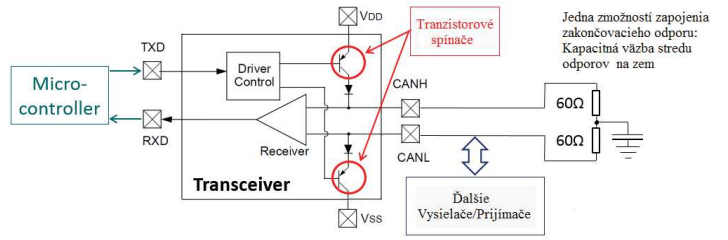


- Diferenciálny signál (zvýši sa tým odolnosť voči rušeniu)
- Zakončovacie odpory redukujú odrazy na koncoch vedenia
- Dva stavy zbernice:
  - Recesívny (kludový) stav.  $V_{CANH} \cong V_{CANL}$
  - Dominantný (aktívny) Jeden alebo niekoľko uzlov ťahá zbernicu do stavu  $V_{CANH} > V_{CANL}$



31

## CAN-bus: Diferenciálne zapojenie Vysielač-ov/Prijímač-ov



- Kludový stav (pre zvolený príklad zakončovacích odporov) je reprezentovaný hodnotou  $\frac{V_{DD} - V_{SS}}{2}$ .  $V_{CANH} - V_{CANL} \cong 0$
- Tranzistory sú zapojené tak, aby fungovali ako tranzistor s „otv. kolektorom“. Dominantný stav je reprezentovaný log. „0“. To znamená, stačí, aby jeden vysielač ťahal  $V_{CANH} \rightarrow V_{DD}$  a  $V_{CANL} \rightarrow V_{SS}$ . Zbernica sa nastaví do dominantného stavu.

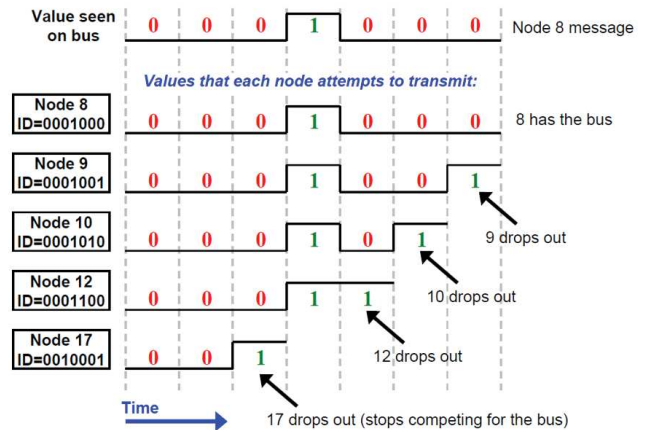
32

## CAN-bus: Arbitrácia

1. CAN 2.0 A správa začína s 11-bitovým ID, ktoré definuje typ správy a udáva prioritu správy. CAN 2.0B definuje zbernicu s rozšíreným 29-bitovým identifikátorom rámcu.
2. Vysielač CAN zbernice invertuje signály uP. To znamená dominantný stav odpovedá log. „0“ recesívny (neaktívny) odpovedá log. „1“.
3. CAN využíva ID správy na vykonanie arbitrácie medzi jednotlivými uzlami.
4. Každý z uzlov čaká na kludový stav zbernice, aby mohol začať s vyslaním svojej časti ID.
5. Každý z uzlov „počúva“ čo sa deje na zbernici. Počúva či je na zbernici to čo odvysielal.
6. Ak uzol detekuje dominantný stav na zbernici v čase keď vysiela recesívny stav, ukončí svoju činnosť. Znovu sa pokúsi až vtedy, keď sa dostane zbernica do stavu kludového.

33

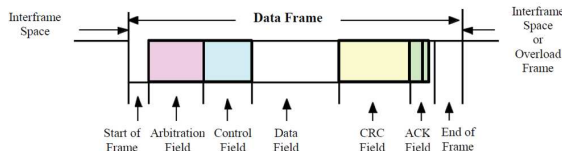
## CAN-bus: príklad na arbitráciu



34

## CAN-bus: formát prenášaných dát

Typy: Data Frame, Remote Frame (niekto si data vyžiada), Error Frame (niekto zistil chybu na zbernici, tak informuje okolie), Overload Frame (využívaný málo)

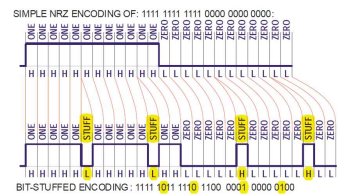


Base Field Name	Length (bits)	Purpose
Start of Frame	1	Denotes the start of frame transmission
Message Identifier / Arbitration Field	11	Message identifier also represents the message priority
Remote Transmission Request (RTR)	1	Dominant (0): Data is included in message Recessive (1): Remote Frame request for data
Identifier extension bit (IDE)	1	Must be dominant (0) for 11 bit message IDs
Reserved bit (r0)	1	Reserved bit should be dominant (0) for 11 bit IDs
Data length code (DLC)	4	Number of bytes of data (0-8 bytes)
Data Field	0-64	0 to 8 bytes of data (length dictated by DLC field)
CRC Field	15	Cyclic redundancy check
CRC delimiter	1	Must be recessive (1)
ACK slot	1	Transmitter sends recessive (1) and any receiver can assert a dominant (0) to acknowledge message
ACK delimiter	1	Must be recessive (1)
End-of-frame (EOF)	7	Must be recessive (1)

35

## CAN-bus: chyby na zbernici

1. **Bit error:** Vysielač porovná hodnotu vysielaného bitu s hodnotou prijatého bitu.
2. **Stuff error:** Ak sa odvysielia viac ako päť log. „0“ resp. log. „1“ bez toho aby bol zaradený synchronizačný bit.



3. **CRC error:** Odvysielaná CRC hodnota neodpovedá hodnote CRC vypočítanej na strane prijímača.
5. **Form error:** Nesprávne formátovanie rámcu.
6. **Acknowledgement error:** Prijímač odvysielal recesívny ACK bit. A spoň jeden prijímajúci uzol musí odvysielat' dominantný ACK signál smerom k vysielaču.

36